

M. 183. *Ha a nyomógombos golyóstollat gombbal lefelé az asztalhoz nyomjuk, majd elengedjük, azt tapasztaljuk, hogy a toll kissé felugrik az asztalról. MÉRJÜK MEG, mekkora mozgási energiát ad a rugó a tollnak!*

Megoldás. A legtöbb versenyző valamilyen módszerrel közvetlenül mérte a felugró golyóstoll h emelkedési magasságát és a toll m tömegét. Feltételezve, hogy a közegellenállásból adódó veszteség nem számottevő, a toll kezdeti $mv^2/2$ mozgási energiája a mért adatokból kiszámított mgh helyzeti energiával egyezik meg.

Az elvben egyszerű mérésnél gondot általában a magasság pontos meghatározása okozta. A legegyszerűbb – de nagyon pontatlan – módszer az, ha egy függőlegesre állított vonalzó előtt felugró tollat oldalról „szemlélve” próbáljuk meg leolvasni az emelkedési magasságot. Mivel ez 1-2 cm nagyságrendű, a leolvasási pontatlanság néhány milliméter lévén a magasságmérés hibája még sokszori ismétléssel és átlagolással sem szorítható 20-30 százalék alá. A mért energiák – természetesen a toll típusától is függően – általában néhány mJ-nak adódtak.

Sutka Melinda (Debrecen, KLTE Gyak. Gimn. II. o.t.) vízszintesen helyezte el egy vonalzót a felugró toll fölé, úgy, hogy az éppen megérintse a vonalzót. Ezt követően nyugodt körülmények között megmérte a vonalzó magasságát és abból kivonva a toll hosszát megkapta az ugrás magasságát.

Sarlós Ferenc (Baja, III. Béla Gimn. III. o.t.) közvetett módon határozta meg a rugó által leadott energiát. Két fadeszkából lejtőt készített, melynek hajlásszögét változtatva megmérte toll egyenletes csúszásához tartozó „határszöget”, ennek tangense pedig megadta a toll és a deszka közötti μ csúszási súrlódási együtthatót. Ezután a vízszintesre állított deszkán kilőve a tollat az elcsúszás távolságából, a toll mérlegesen megmért tömegéből és a súrlódási együtthatóból kiszámította a súrlódási munkát, ami a kezdeti mozgási energiával egyenlő. Ezzel a módszerrel mérni tudta a golyóstoll rugója által leadott energiát mindkét nyomógomb-állásnál (a toll be- illetve kinyomásának megfelelő helyzetnél).

Orosz Gábor (Miskolc, Földes F. Gimn. IV. o.t.) a mérést különböző mértékben benyomott nyomógombú tollak emelkedési magasságát mérte (ugyancsak az „éppen hozzáér” módszerrel, s a mérési adatokból meghatározta a toll nyomógomb-rugójának direkciós állandóját. *Drávucz Mónika* (Eger, Szilágyi E. Gimn. III. o.t.) rugós erőmérővel lemérte a toll rugójának rugóállandóját, majd az abból és az összenyomás nagyságából kiszámított rugalmas energiát összehasonlította a felpattanási magasságból számított energiával. Az két energia között 15%-nyi eltérést talált, ráadásul a rugalmas energia volt a kisebb, ez azonban nem jelenti az energiamegmaradás tételének cáfolatát, inkább a mérési hibák nagyságrendjéről ad felvilágosítást. *Zágoni Csaba* (Dunaújváros, Széchenyi I. Gimn. I. o.t.) egy lámpa vízszintes fénynyalábját vetítette a felugró tollra, s az árnyékot 5-szörös nagyításban egy függőleges ernyőn figyelte meg. Az így felnagyított mozgás felső holtpontját pontosabban tudta leolvasni, mintha közvetlenül a tollat figyelte volna meg.

Az eddig leírtaktól alapvetően különböző mérési eljárást választott *Friedl Zita* (Sopron, Széchenyi I. Gimn. I. o.t.). Egy vízszintes asztallap széléről (a toll tömegközéppontját éppen az asztal pereméig kitolva) „lőtte ki” a golyóstollat,

és azt mérte meg, hogy milyen távolságban esik le a toll egy $h = 15$ cm-rel alacsonyabb fekvő vízszintes lapra. A vízszintes hajítás képletei segítségével a mért adatokból ki tudta számítani a golyóstoll kezdősebességét és a kezdeti mozgási energiáját is. A módszernek az az előnye, hogy viszonylag nagy távolságokat pontosabban lehet mérni, mint néhány centiméteres elmozdulásokat. Hasonló elvet alkalmazott *Szegedi Krisztián* (Bp., Berzsényi D. Gimn. IV. o.t.) is, aki egy szekrény függőleges oldalától lőtte ki vízszintesen a tollat, és a szőnyegen mérte a földetérés helyét. Emellett gyenge rugóból erőmérőt is készített s azzal megmérve a toll nyomógombjának rugóállandóját kiszámította a rugóban tárolt energiát.

Még bátrabban eltávolodott az eredeti feladattól *Varró Gergely* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn. IV. o.t.), aki vízszintes helyzetben rögzítette a golyóstollat egy asztal szélén, és a kipattanó nyomógommbal egy kisméretű dobókockát röptetett el. A földetérő dobókocka rögzített helyzetű, fölülről másolópapírral lefedett papírlapra csapódott és azon nyomot hagyva jelezte a vízszintes hajítás távolságát. A kocka mérhető tömegéből és a hajítás adataiból ki lehet számítani a rugó által leadott energiát. Elfogadható feltételezés az, hogy a rugó munkavégzése csak a rugó jellemzőitől és a deformáció mértékétől függ, nagysága tehát a dobókocka kilövésekor ugyanakkora, mint amikor a golyóstollat hozza mozgásba.